



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
CHEMNITZ

# Elastomerrecycling in Theorie und Praxis

## Stand und Perspektiven der Elastomeraufbereitung



Dr.-Ing. Stefan Hoyer

Forschungsbereich  
Extrusionstechnologien  
und Recycling

Professur Strukturleichtbau  
und Kunststoffverarbeitung

Leitung:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof.  
E. h. Prof. Lothar Kroll



1

Zahlen und Fakten zu Elastomeren

2

Werkstoffliche Recyclingkonzepte

3

Praxisbeispiele innerbetriebliches Recycling

4

Werkstoffwissenschaftliche Grundlagen

5

Sekundäranwendungen für Altreifen

6

Ausblick

1

Zahlen und Fakten zu Elastomeren

2

Werkstoffliche Recyclingkonzepte

3

Praxisbeispiele innerbetriebliches Recycling

4

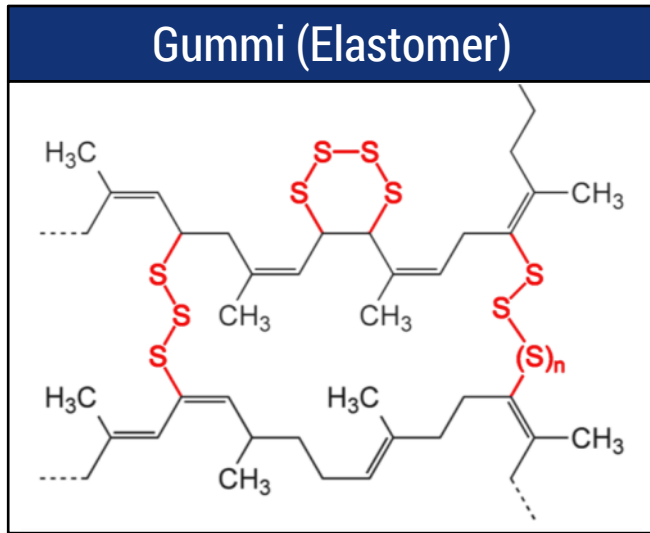
Werkstoffwissenschaftliche Grundlagen

5

Sekundäranwendungen für Altreifen

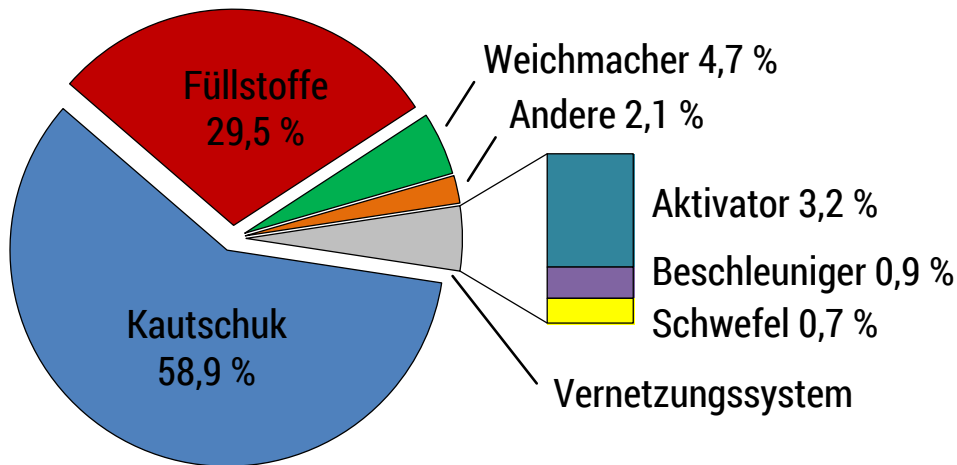
6

Ausblick

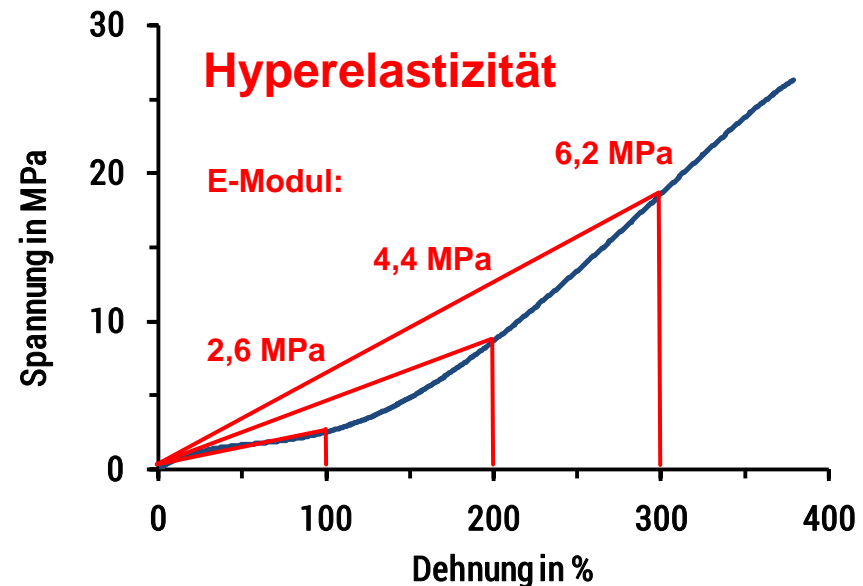


... entsteht durch Vernetzung von Kautschuk (Vulkanisation)

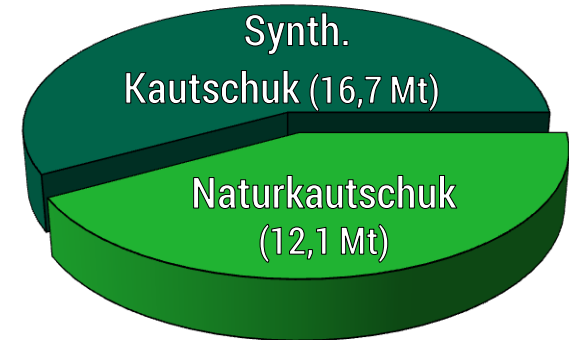
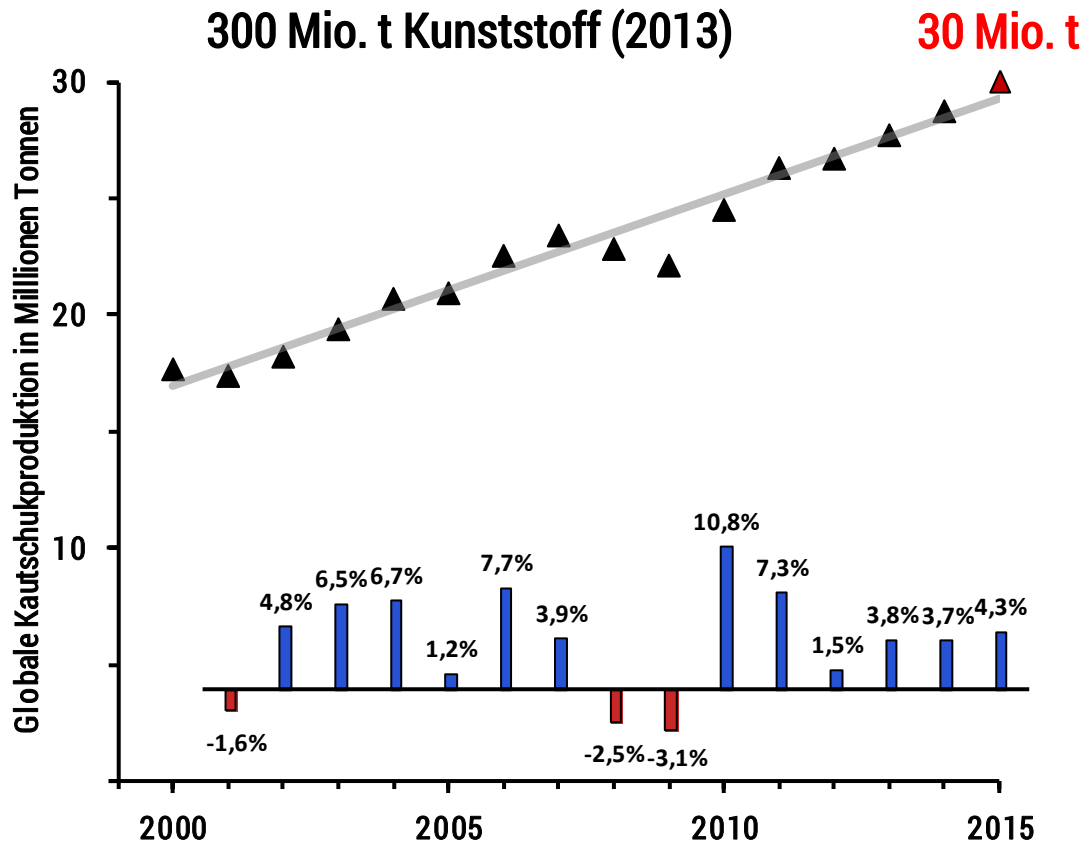
- Thermisch irreversible Vernetzung
- Vielzahl produktspezifischer Rezepturen
- Systemische Wechselwirkungen der Mischungsbestandteile



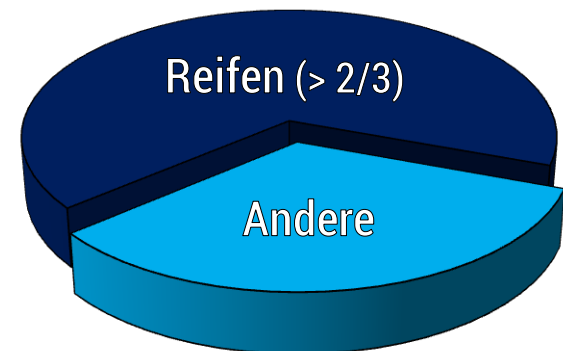
Exemplarische Lkw-Laufflächenmischung



## Globale Kautschukproduktion 2000–2015

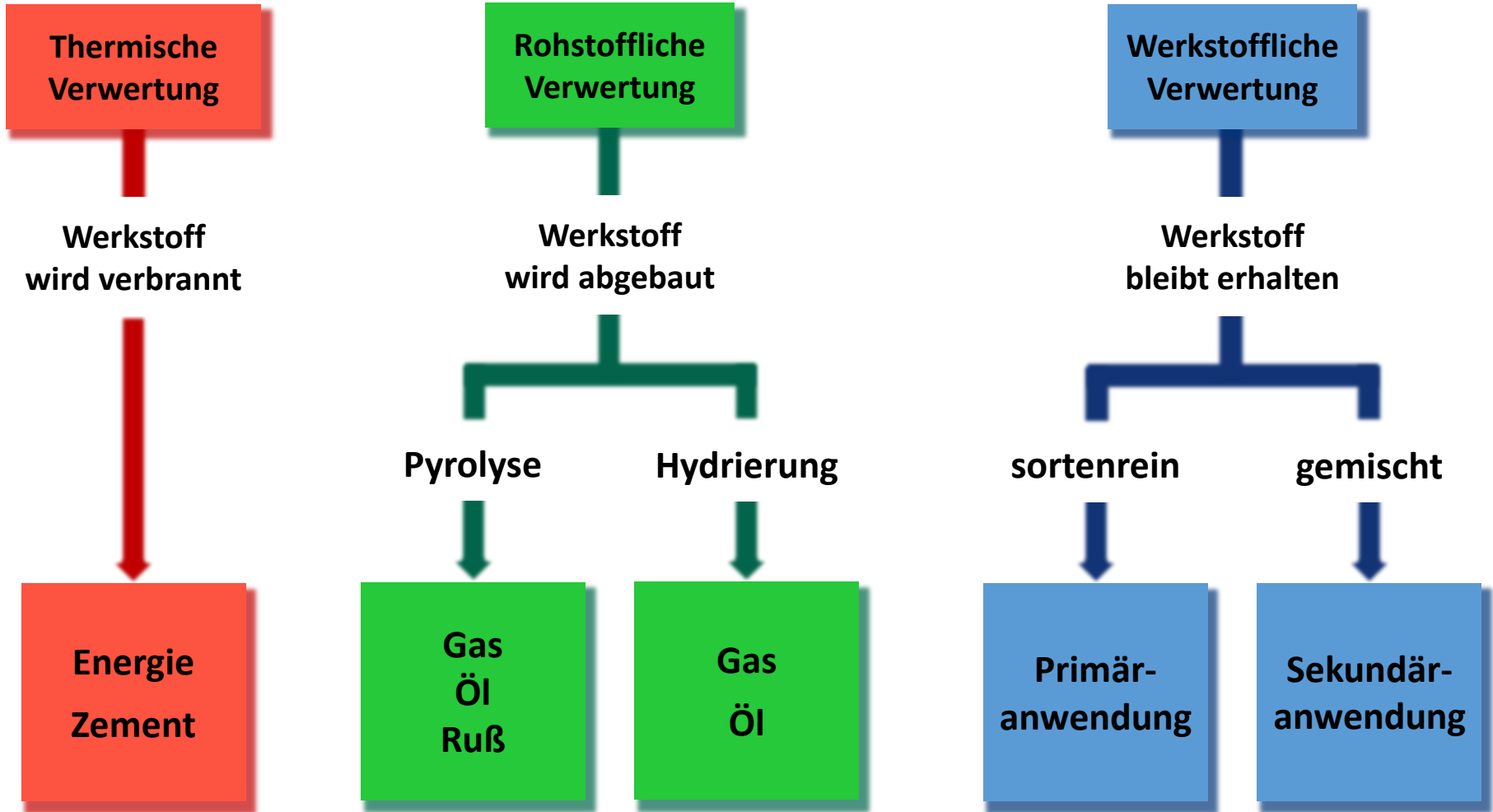


## Verteilung nach Branchen



Weltweit; Naturkautschuk und synthetischer Kautschuk

Quelle: International Rubber Study Group; ID 317771



Unzählige hersteller- und produktspezifische Rezepturen

→ Mischungsreinheit ist oberste Priorität für Recycling

Degradation während des Produktlebenszyklus

→ Rückführbarkeit gebrauchter Produkte ist eingeschränkt

## Reifen



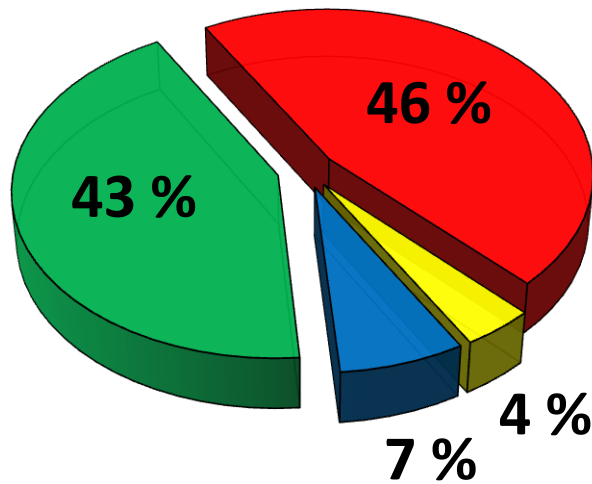
Vielstoffgemisch aus NR, SBR, IR, BR  
End-of-life Produkte (> 5 Jahre)  
Mengenmäßig stark relevant

## Technische Elastomere



Produkte sind meist sortenrein  
Sammeln End-of-life Produkte kaum möglich  
Degradation des Werkstoffes problematisch

3,4 Mio. t gebrauchte Reifen (~ 500 Mio. Stück) → Wiederverwendung  
Export  
Runderneuerung  
↓  
**2,8 Mio. t Altreifen (~ 414 Mio. Stück)**



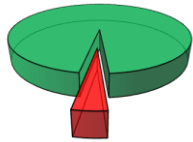
- Ingenieurbauten
- Rezyklierung →
- Energetische Verwertung
- Unbekannter Verbleib

Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt,  
infoBlatt Abfallwirtschaft: Gebrauch- und Altreifen, 2013



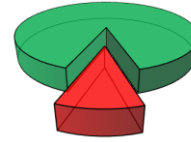


## Spritzguss



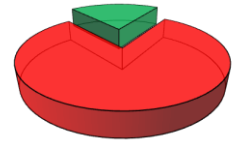
Ausschuss:  
3–4 %

## Extrusion

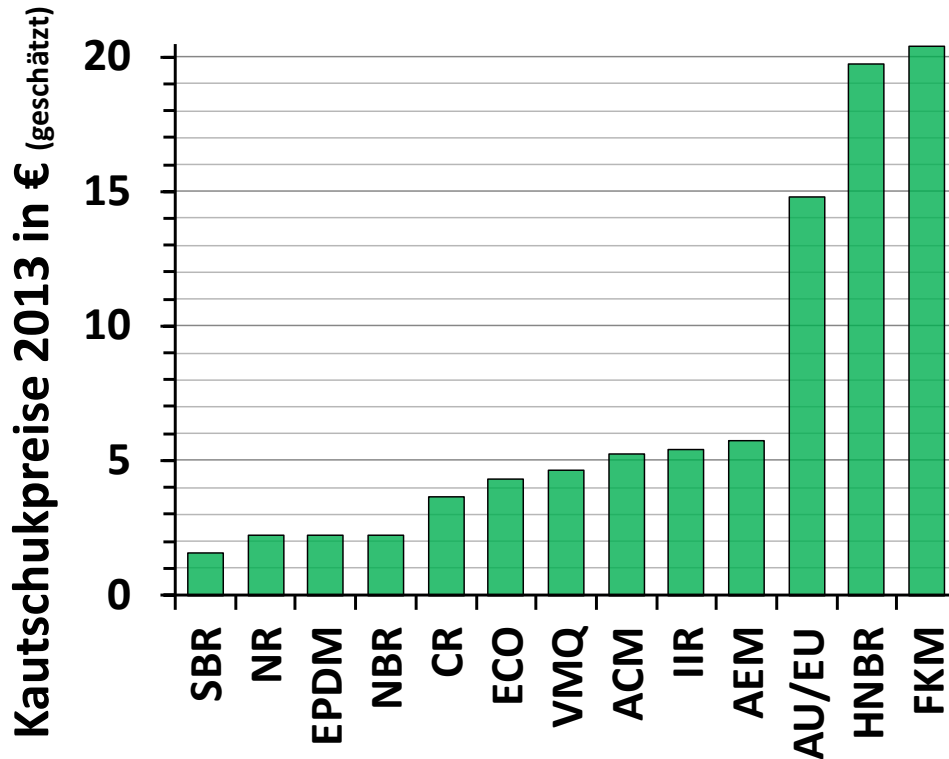


Ausschuss:  
8–10 %

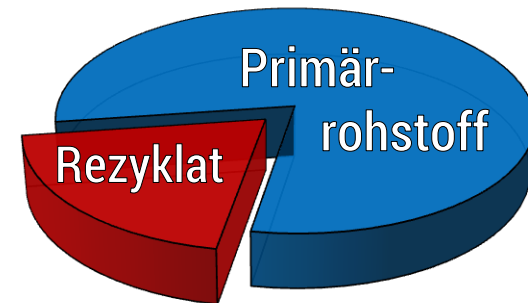
## Transferpressen



Ausschuss:  
bis 80 %



Sortenreine Rückführung in die  
Ausgangsmischung



1

Zahlen und Fakten zu Elastomeren

2

**Werkstoffliche Recyclingkonzepte**

3

Praxisbeispiele innerbetriebliches Recycling

4

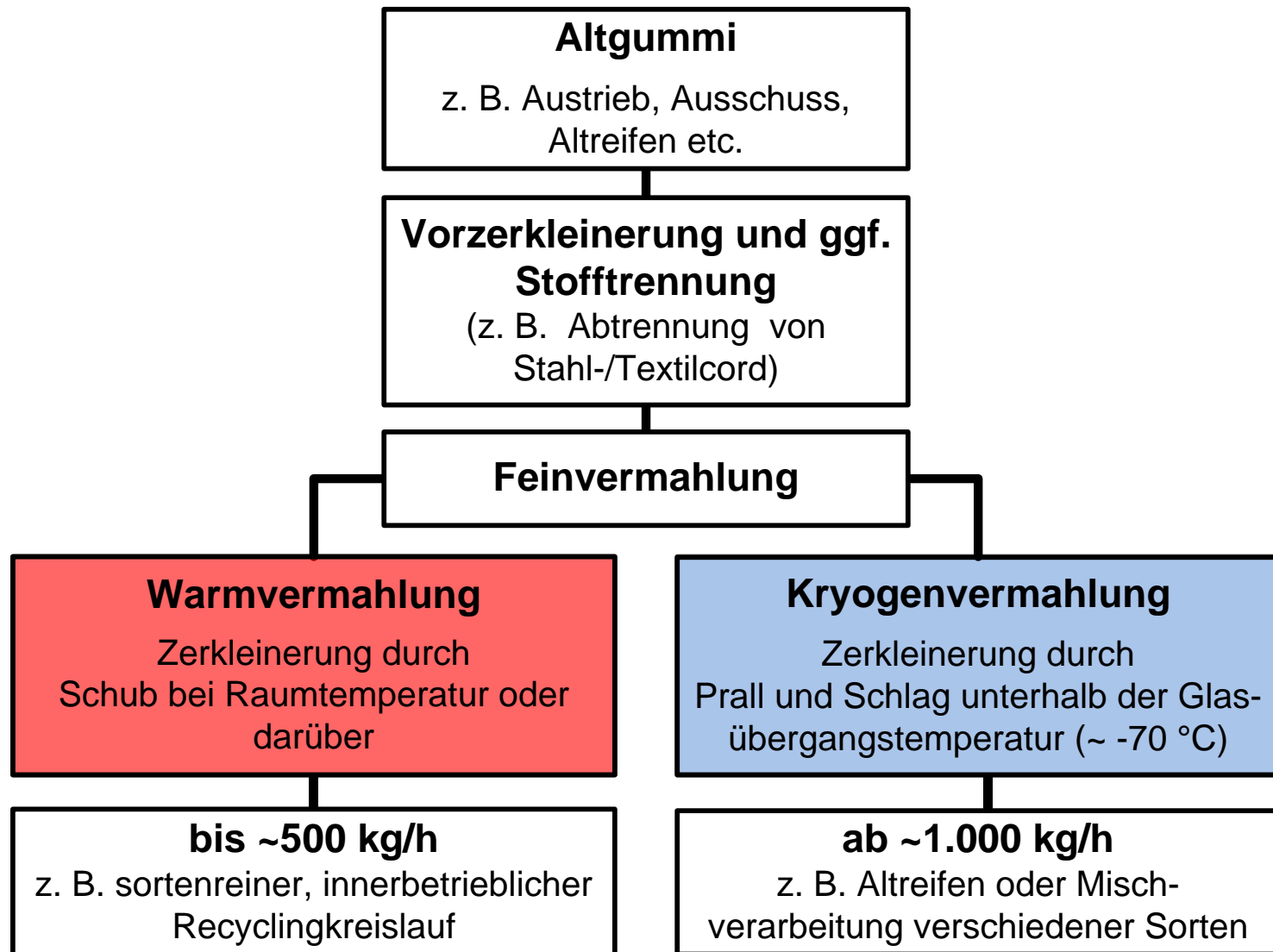
Werkstoffwissenschaftliche Grundlagen

5

Sekundäranwendungen für Altreifen

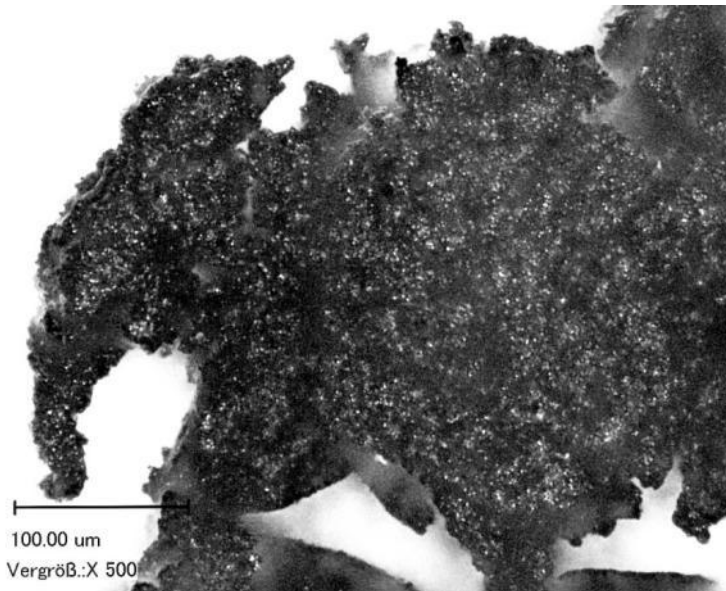
6

Ausblick



## Warm-Vermahlung

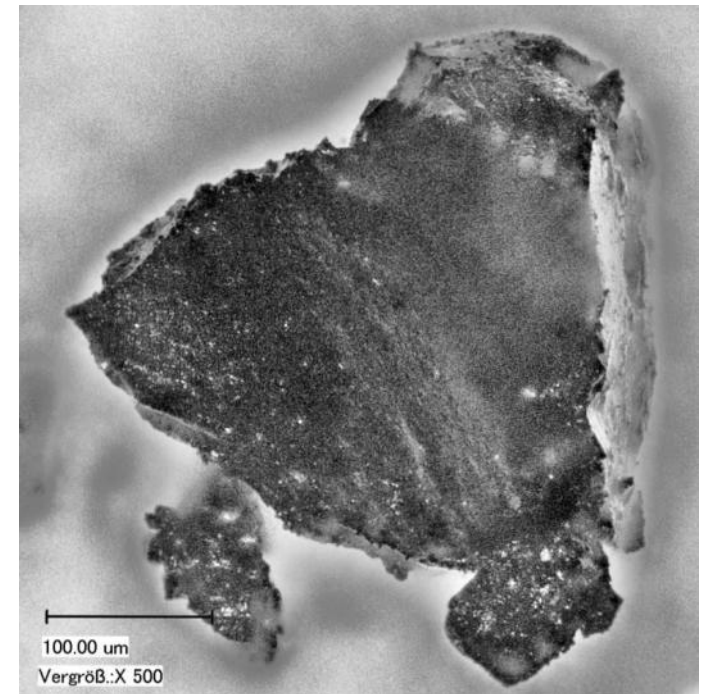
- Große, zerklüftete Oberfläche



Partikel aus der Warmvermahlung

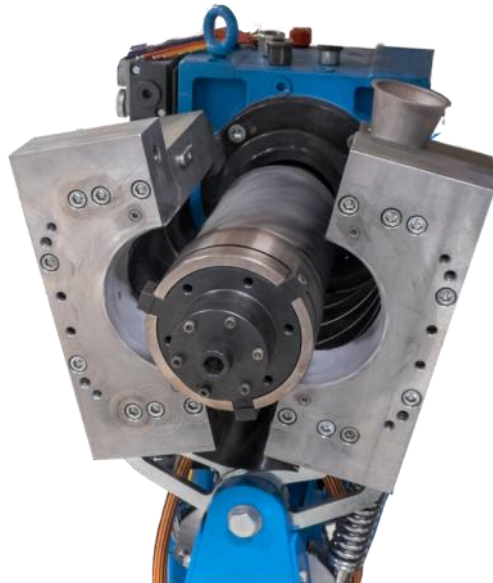
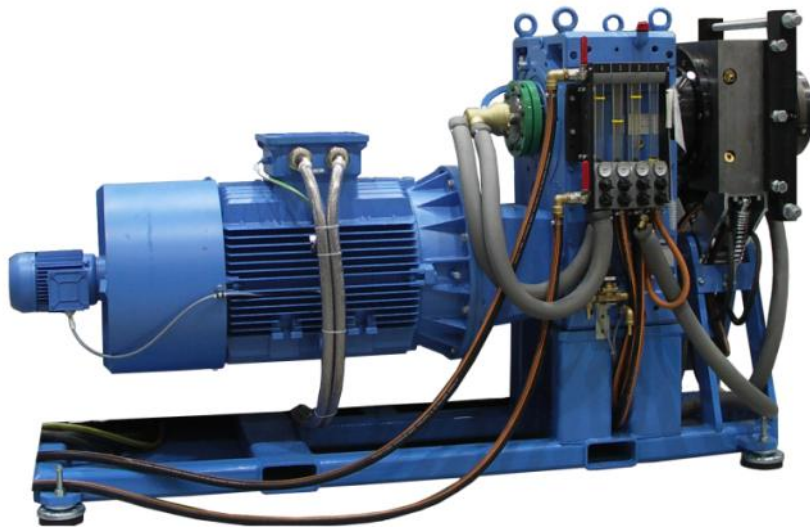
## Kryogen-Vermahlung

- Kleine spezifische Oberfläche
- Glatte Bruchkanten



Partikel aus der Kryogenvermahlung

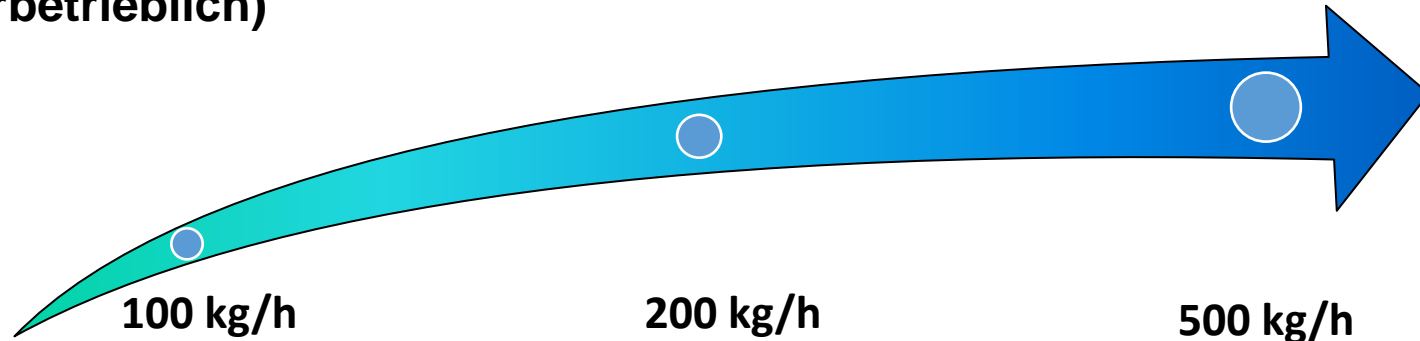
# Reaktruder – eine Warmmahlvorrichtung



- Warmmahlvorrichtung zur Feinvermahlung von Elastomeren
- Konzipiert für Kleinchargen sortenreiner Produktionsreststoffe
- Zielgruppe: kleine und mittelständige Elastomerverarbeiter
- Am Institut für Strukturleichtbau entwickelt

**Sortenreine  
Kleinchargen  
(innerbetrieblich)**

**Mischverarbeitung  
(z. B. Altreifen)**



**Baugröße 150**



**Baugröße 300**



**Baugröße 440**

1

Zahlen und Fakten zu Elastomeren

2

Werkstoffliche Recyclingkonzepte

3

Praxisbeispiele innerbetriebliches Recycling

4

Werkstoffwissenschaftliche Grundlagen

5

Sekundäranwendungen für Altreifen

6

Ausblick

# AEM – Acrylatkautschuk, 60 Shore A

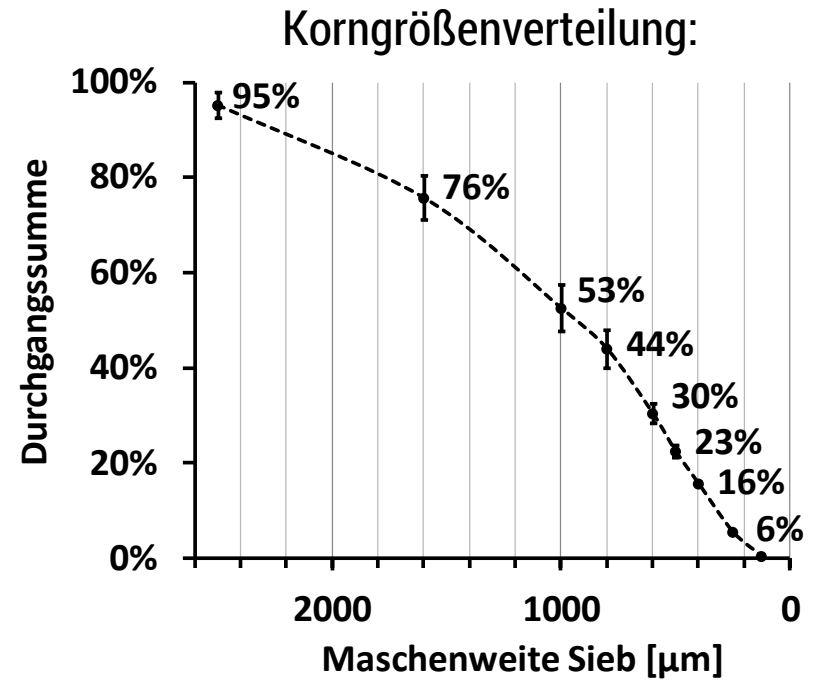
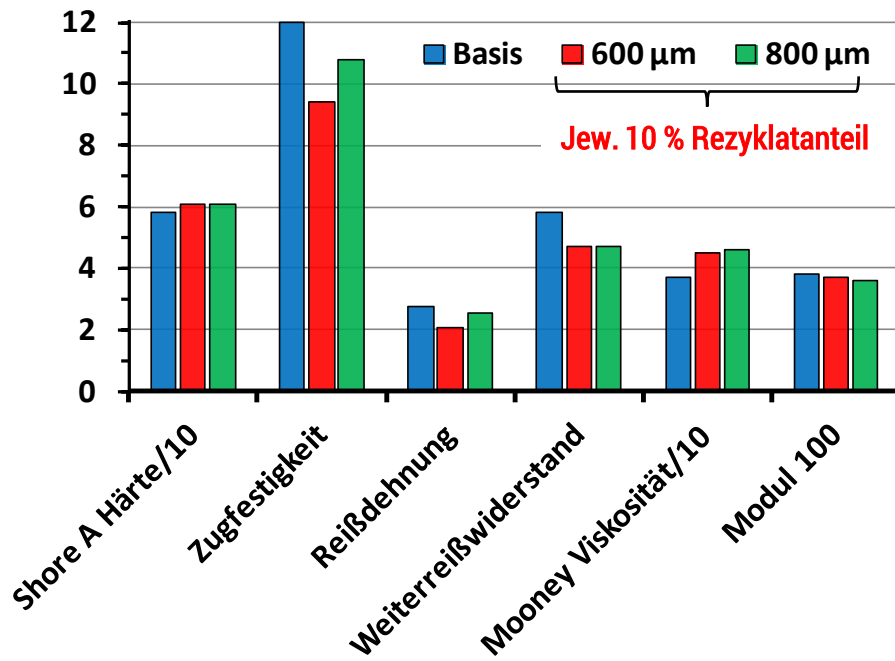


Durchsatz: 80 kg/h  
 Gutanteil (< 0,8): 35 kg/h  
 Energiebedarf: ~ 0,3 kWh/kg  
 Kosten: ~ 1,10 €/kg  
 Mischungskosten: ~ 6 €/kg



**Amortisation: 1.500 h**

Lineare Abschreibung über 6 Jahre, Personalkosten 2.000,- €/Monat,  
 Energiekosten 10 ct/kWh





# NBR – Nitrilkautschuk, 60 Shore A



Durchsatz: 90 kg/h  
 Gutanteil (< 0,8): 60 kg/h  
 Energiebedarf: ~ 0,1 kWh/kg  
 Kosten: ~ 0,60 €/kg  
 Mischungskosten: ~ 4 €/kg  
**Amortisation: < 1.300 h**

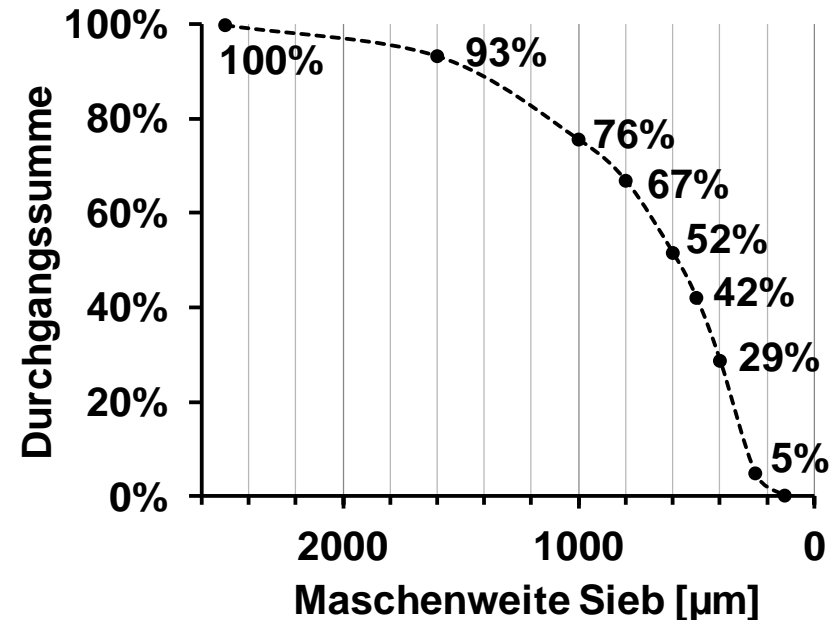


Lineare Abschreibung über 6 Jahre, Personalkosten 2.000,- €/Monat,  
 Energiekosten 10 ct/kWh

10 % Rezyklat in der Ausgangsmischung:

- Keine relevante Veränderung der mechanischen Kennwerte
- **Halbierung des Reinigungsaufwandes der Werkzeugkavitäten**

Korngrößenverteilung:



1

Zahlen und Fakten zu Elastomeren

2

Werkstoffliche Recyclingkonzepte

3

Praxisbeispiele innerbetriebliches Recycling

4

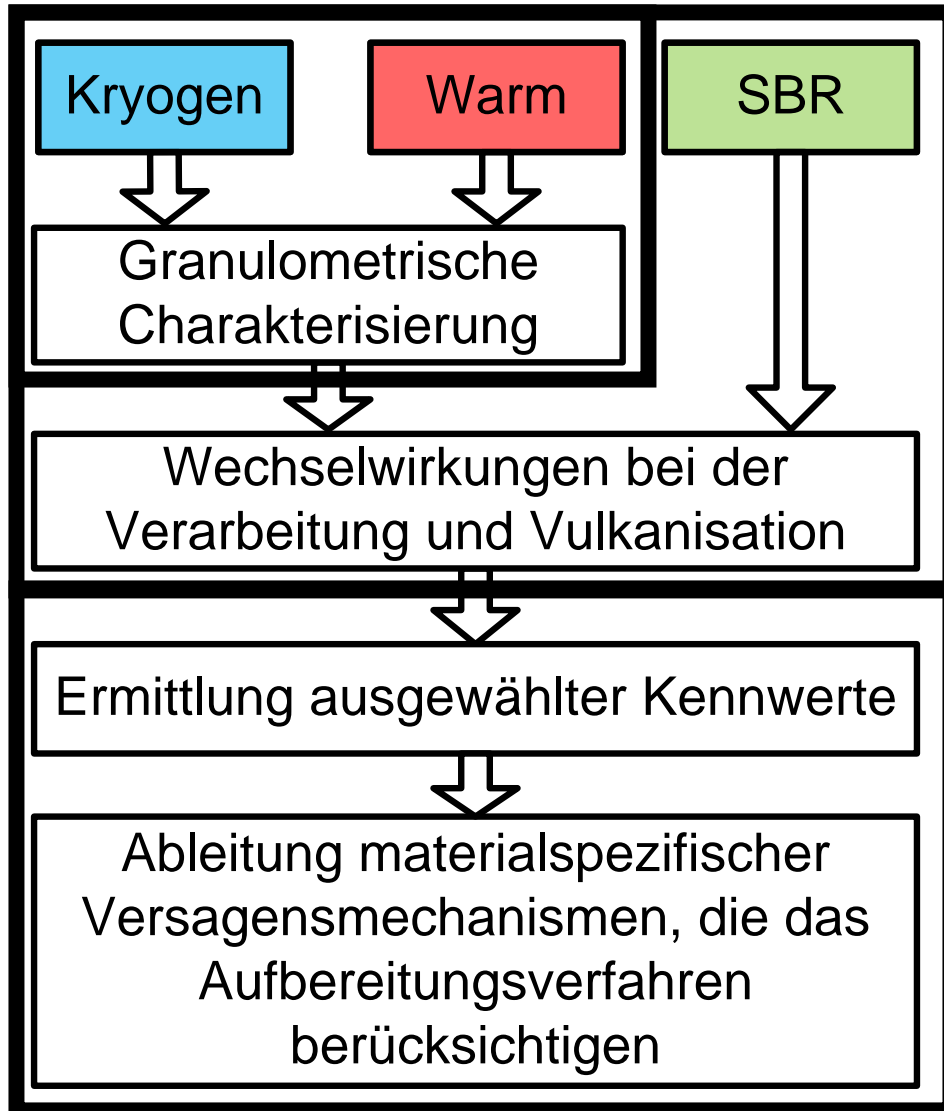
Werkstoffwissenschaftliche Grundlagen

5

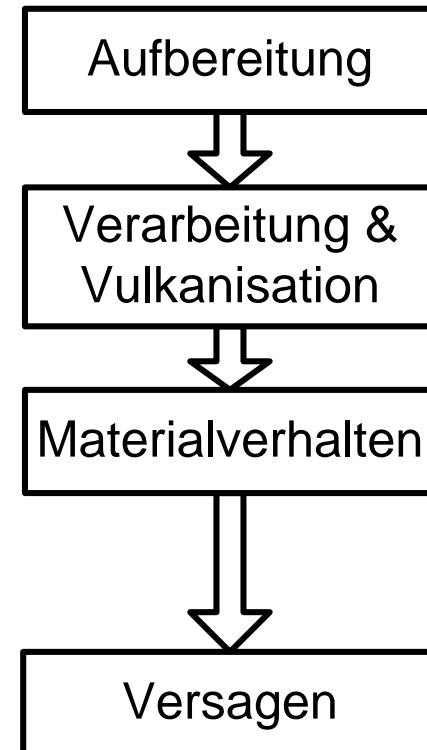
Sekundäranwendungen für Altreifen

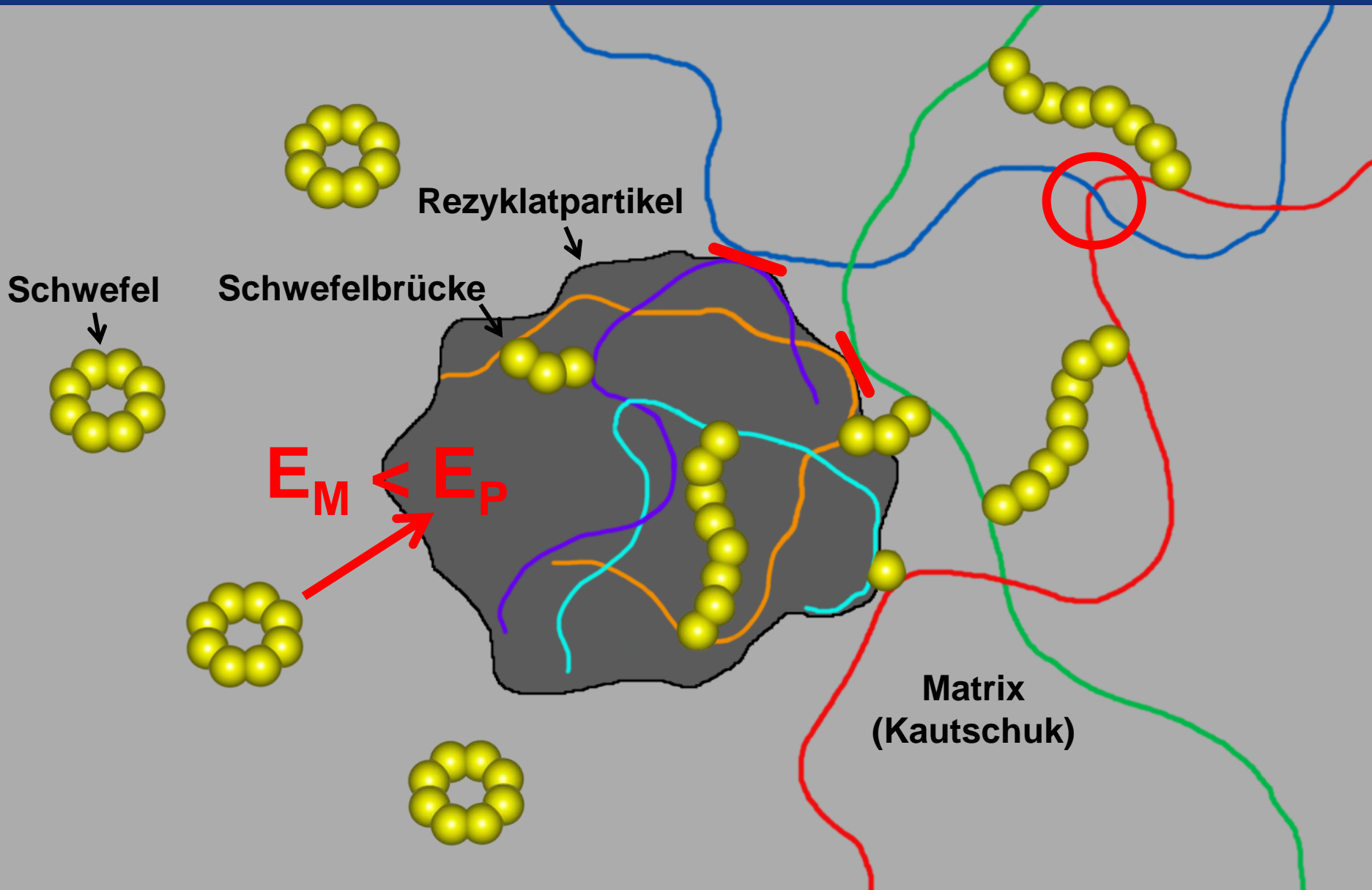
6

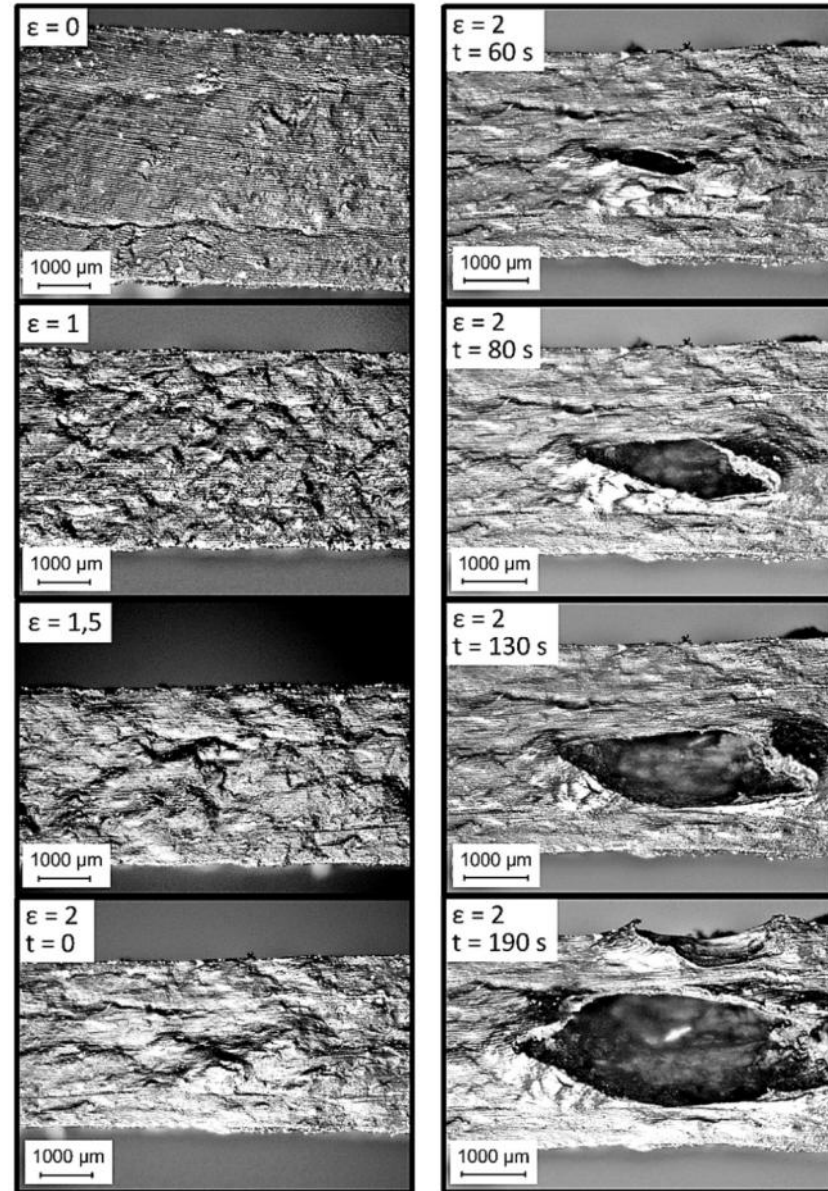
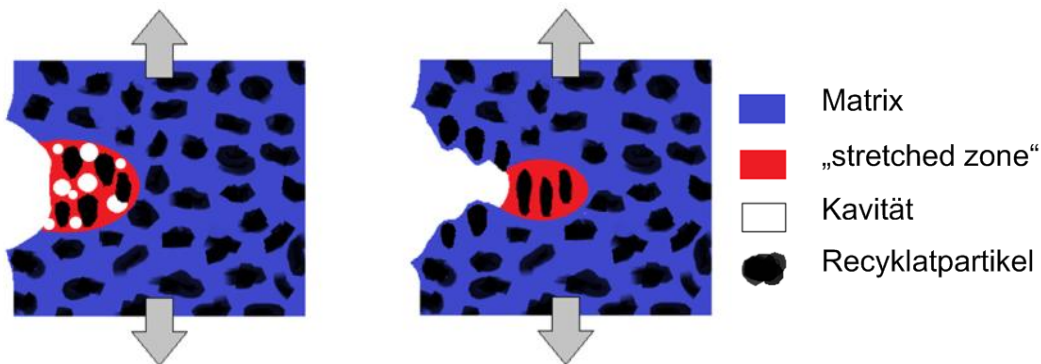
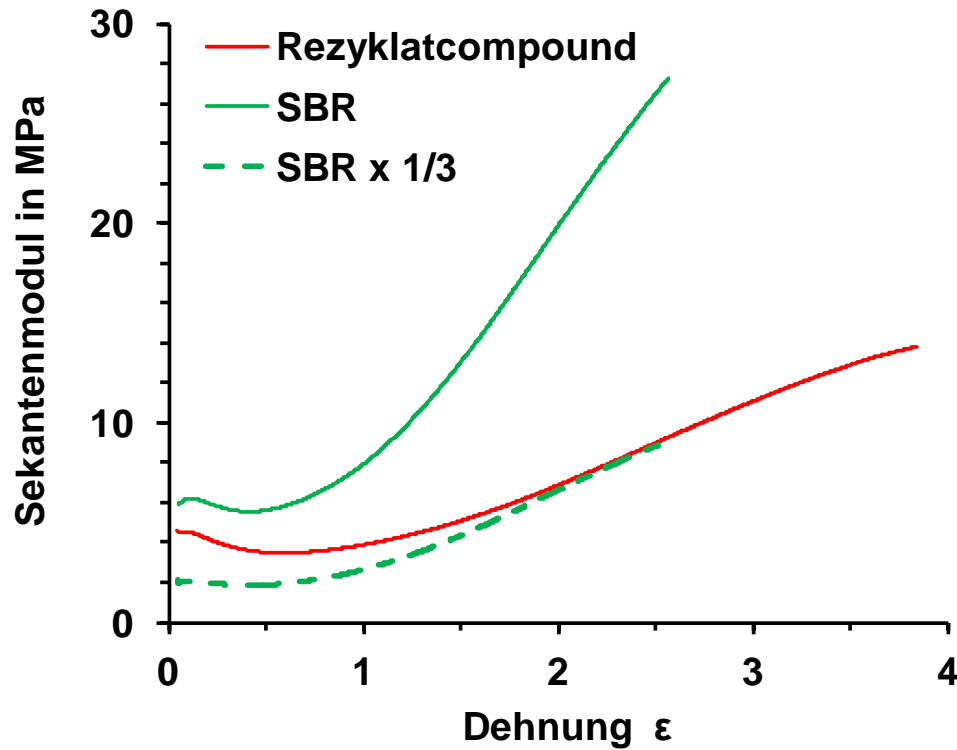
Ausblick

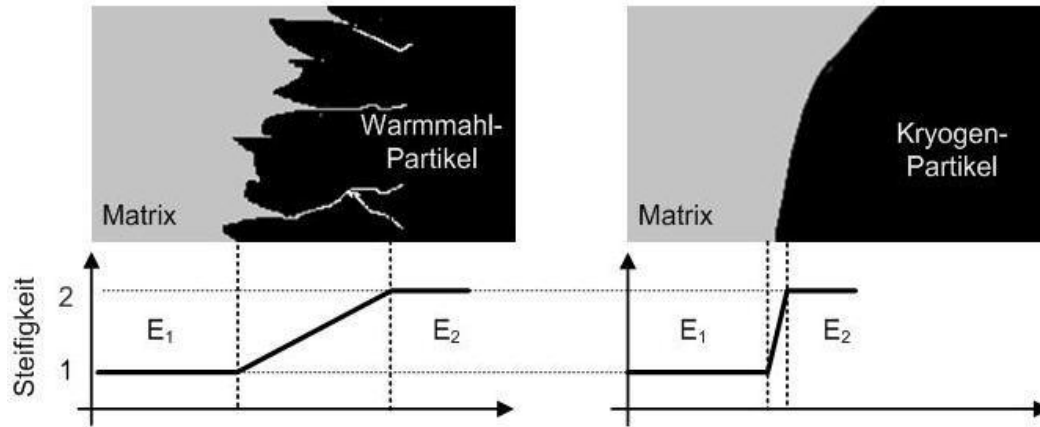


Matrixmaterial: SBR  
 Styrol-Butadien-Kautschuk  
 Rezyklatanteil: 40 %  
 Basis: Lkw-Reifen  
 Korngröße: 200–400 µm

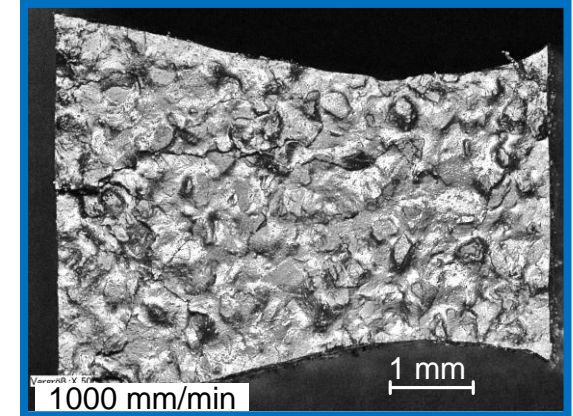
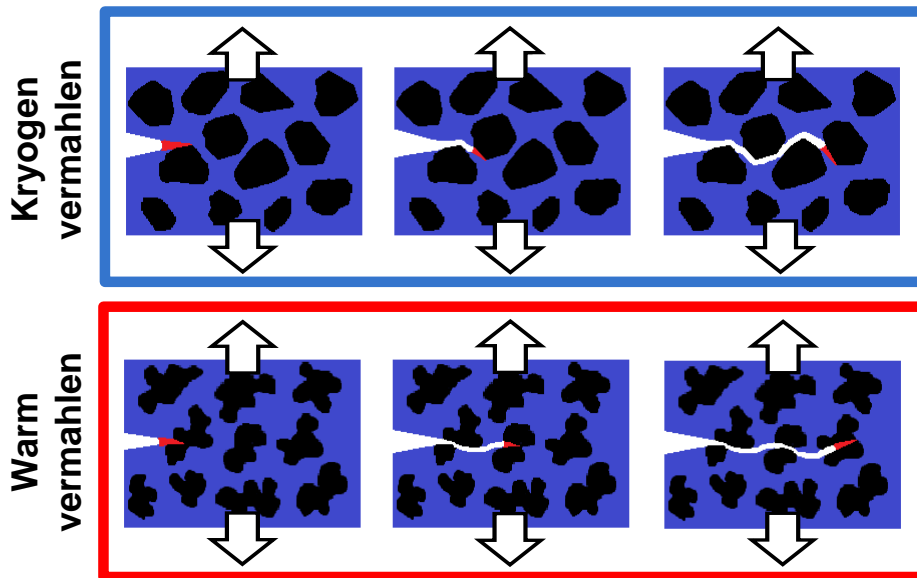




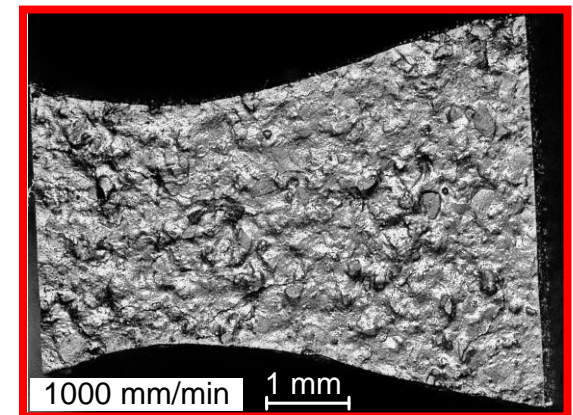




Sanfterer Steifigkeitsübergang durch Warmmahl-Partikel



Kryogen vermahlen



Warm vermahlen

Beeinflussung der Rissfortpflanzung durch die Struktur der Rezyklatpartikel bei schnellem Risswachstum

1

Zahlen und Fakten zu Elastomeren

2

Werkstoffliche Recyclingkonzepte

3

Praxisbeispiele innerbetriebliches Recycling

4

Werkstoffwissenschaftliche Grundlagen

5

Sekundäranwendungen für Altreifen

6

Ausblick

# Sekundäranwendungen für Altreifen



Spielplätze und Freizeitanlagen, Laufbahnenunterbau  
Elastische Bodenbeläge und Fallschutzplatten



Einstreugranulat für Kunstrasenplätze

Straßenbau - Gummiasphalt



Thermoplast-Elastomer-Compounds / Elastomeric alloys

Thermoplastische Werkstoffe als Substitut für TPE



Gummifeinmehl

Thermoplastgranulat

Endprodukt



Mülsener Rohstoff- und Handelsgesellschaft mbH

Hochwertiger Industriefußbodenbelag - 500 x 500 x 5 mm

Rezyklatanteil: 70 % (Lkw-Altreifen)

Produktionskapazität: 250.000 m<sup>2</sup> pro Jahr

**1.150 t Altreifen pro Jahr**

→ 0,4 % der Altreifen in EU, Norwegen, Schweiz und Türkei in 2012



Werkstoffoptimierung und -prüfung

Werkzeugentwicklung und Prozessoptimierung

Betreuung der Zertifizierung

1

Zahlen und Fakten zu Elastomeren

2

Werkstoffliche Recyclingkonzepte

3

Praxisbeispiele innerbetriebliches Recycling

4

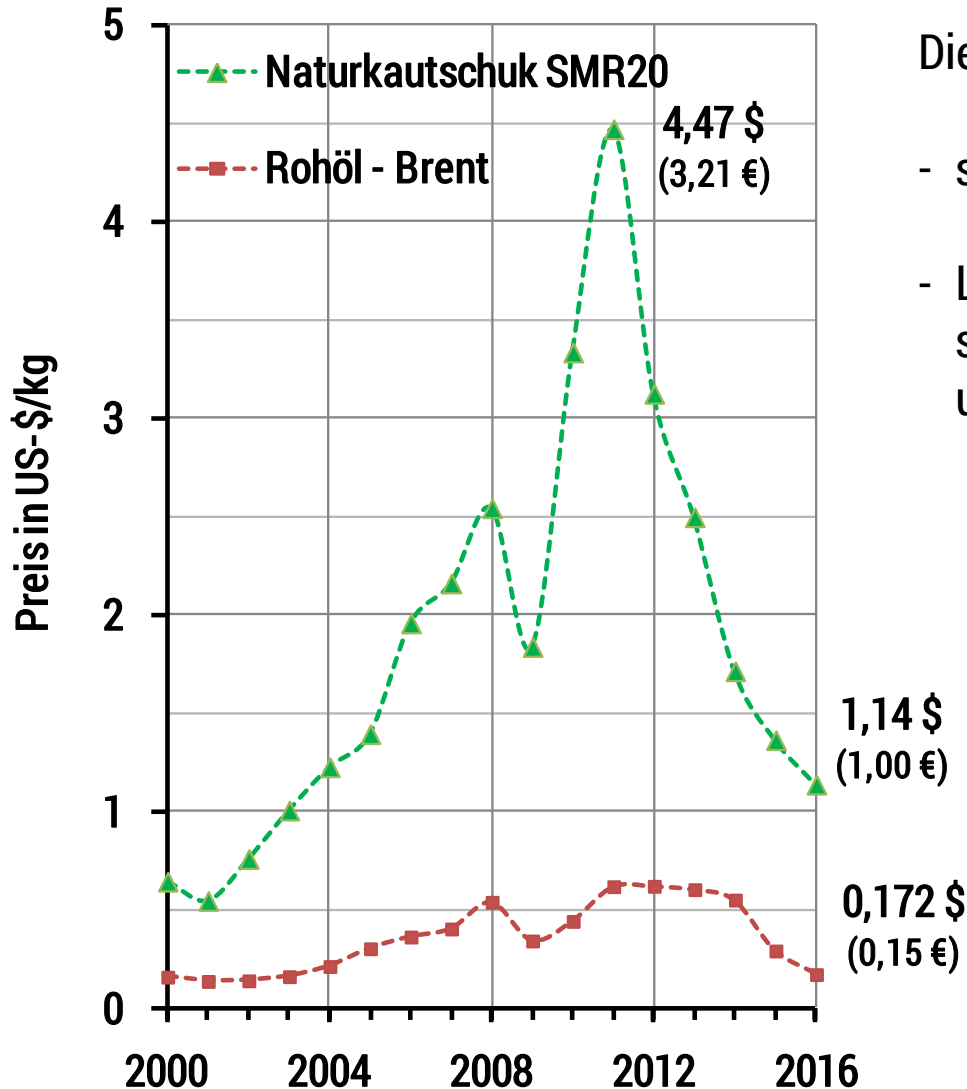
Werkstoffwissenschaftliche Grundlagen

5

Sekundäranwendungen für Altreifen

6

Ausblick



## Die Preisentwicklung im Kautschukbereich

- setzt Recyclingunternehmen stark unter Druck
- Lässt im Naturkautschukbereich eine Rohstoffverknappung erwarten, da z. B. auf Palmöl umgestellt wird



**Feinmahltechnologie derzeit  
beste Verwertungsstrategie,  
da auch beim aktuellen  
Preisniveau wettbewerbsfähig**

## Werkstoffwissenschaftliche Grundlagen zum Recycling auf Basis Feinmehl:

- Forschungsbedarf:
- Werkstoffmechanik und Versagensmechanismen
  - Optimierung der Werkstoffrezeptur
  - Prüfverfahren zur Ermittlung praktischer Einsatzgrenzen
  - Qualitätssicherung

→ **Abbau von Vorurteilen durch wissenschaftlich fundierte Referenzprojekte**

## Altreifenverwertung:

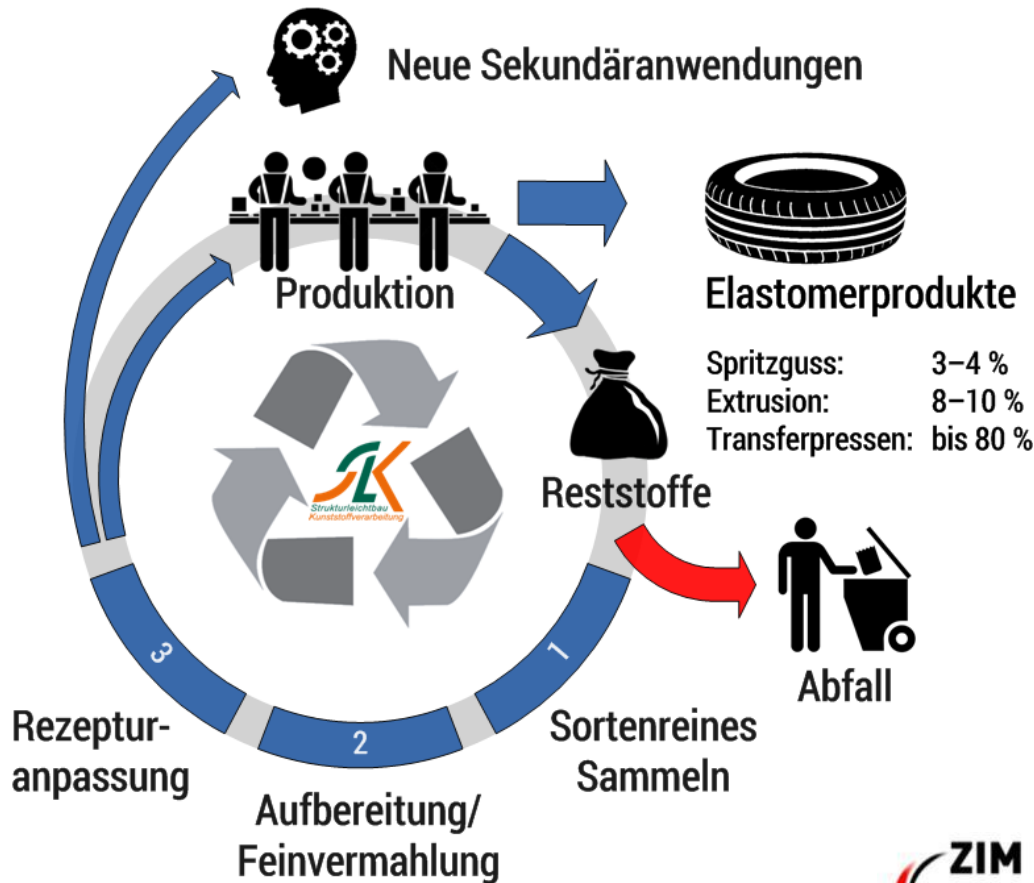
Neue hochwertige Sekundäranwendungen müssen entwickelt werden

→ Generierung mengenmäßig relevanter, ökonomischer Absatzmärkte für Feinmehl

Thermoplast-Compounds sind aussichtsreicher Ansatz, aber:

- Geruchsproblem muss gelöst werden
- Zunehmende rechtliche Verschärfung (z.B. REACH, PAK) erschweren den Marktzugang

## Elasto-Tech: Nachhaltige Technologien für hochelastische Polymerkomposite



# Elastomerrecycling

## Potential erkennen und Chancen nutzen!

### Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr.-Ing. Stefan Hoyer

Forschungsbereich Extrusionstechnologien und Recycling

Reichenhainer Str. 31/33, Zimmer 223  
09126 Chemnitz

Telefon: +49 371 531-37814

E-Mail: [stefan.hoyer@mb.tu-chemnitz.de](mailto:stefan.hoyer@mb.tu-chemnitz.de)